

Tulo- ja lähtöpiirikaavioiden generointi E3-ohjelmistolla

Joni Mieskolainen

Opinnäytetyö

Toukokuu 2016

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Mieskolainen, Joni	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 31.5.2016
	Sivumäärä 34	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: Kyllä
Työn nimi Tulo- ja lähtöpiirikaavioiden generointi E3-ohjelmistolla		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Häkkinen, Veli-Matti & Hytönen, Vesa		
Toimeksiantaja(t) Burman, Kari, Pronor Engineering Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Zuken E3. sähkösuunnitteluohjelmistoa Pronor Engineering Oy:n käyttöön. Yrityksellä oli tarvetta ohjelmiston kehittämiseksi sillä nykyinen ohjelmisto ei vastaa täysin yrityksen tarpeita. Ohjelmiston kehittämällä haluttiin nopeuttaa sähkösuunnittelijoiden työtä ja vähentää inhimillisiä virheitä.</p> <p>Yrityksellä oli selvä näkemys minkälaisia haluttujen tulo- ja lähtöpiirikaavioiden tulisi olla. Yrityksellä oli jo entuudestaan olemassa olevia kommentisarjoja, joita tutkimalla päästiin nopeasti sisälle niiden toimintaan. Vanhan suunnitteluohjelmiston Excel-määrittelytiedostoa käytettiin mallina uudelle vastaavalle. Työn tietoperusta koottiin kirjallisuudesta, esitteinä ja sähköisistä materiaaleista.</p> <p>Tuloksena saatiin toimiva kommentisarja, jolla pystytään luomaan kuvia automaattisesti. Lisäksi saatiin luotua Excel-määrittelytiedosto ja tarvittavat pohjakuvat kuvien luomiseen. Opinnäytetyö kokonaisuutena lisäsi yrityksen tietoisuutta kommentisarjan toiminnasta ja kuinka suunnitteluohjelmiston tietokantoja on mahdollista käyttää paremmin hyödyksi.</p> <p>Työtä pystytään hyödyntämään tulevaisuudessa turvatulo- ja lähtöpiirikaavioiden tekemiseen. Työn tuloksia voidaan hyödyntää muissa automatisointiprojekteissa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) VbScript, Visual Basic, Zuken, Beckhoff, Profibus, piirikaaviot, suunnittelu		
Muut tiedot		

Author(s) Mieskolainen, Joni	Type of publication Bachelor's thesis	Date 31.5.2016
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 34	Permission for web publication: Yes
Title of publication Generation of input and output diagrams with E3-software		
Degree programme Automation Engineering		
Supervisor(s) Häkkinen, Veli-Matti & Hytönen, Vesa		
Assigned by Burman, Kari, Pronor Engineering Oy		
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to develop Zuken E3. Electrical design software for Pronor Engineering Oy. The company needed software development because the current software did not meet the company's needs. The purpose of the software development was to speed up work of e-planners and reduce human errors.</p> <p>The company had a clear vision what the input and output diagrams should look like. Before starting working with the script the existing scripts had to be examined that the company already had. From existing script it was possible to study the inside of company's activities. The old design software's configuration was used as a model for the new one. The knowledge for this thesis was gathered mainly from literature, brochures and electronic materials.</p> <p>As a result the company received a working script which was able to create electrical images automatically from an Excel configuration file. In addition to the script, an Excel-configuration file and necessary base images were created. The company received new information about scripts and how they work with the design software and how the script can handle software databases.</p> <p>This study can be utilized in the future to make new diagrams, and the new knowledge can be used for new automation projects.</p>		
Keywords/tags (subjects) VbScript, Visual Basic, Zuken, Beckhoff, Profibus, circuit diagrams, planning		
Miscellaneous		

Sisältö

Sanasto	3
1 Johdanto.....	4
2 Tietoperusta	5
2.1 Zuken E3.series.....	5
2.2 Visual Basic	6
2.2.1 Visual Basic for Applications.....	7
2.2.2 VBScript.....	7
2.3 Standardiviestit	8
2.4 Profibus.....	8
2.5 Beckhoff-väyläterminaalijärjestelmä	9
2.6 Lähestymiskytkimet.....	11
2.6.1 Induktiivinen lähestymiskytkin	11
2.6.2 Kapasitiivinen lähestymiskytkin.....	13
2.7 Panielähetin.....	14
2.8 Vanhat komentosarjat.....	14
3 Työn toteutus	15
3.1 Excel taulukon luonti	15
3.2 E3-Ohjelmisto	20
3.3 Komponenttien ja pohjakuvien luonti.....	22
3.4 Komentosarja	24
4 Tulokset	26
5 Pohdinta	27
Lähteet.....	29
Liitteet	31
Liite 1. Keskuksen layout	31
Liite 2. Otos generoidusta kaapeliluettelosta	32
Liite 3. Tulopiirikaavio	33

Liite 4. Lähtöpiirikaavio	34
------------------------------------	----

Kuviot

Kuvio 1 Visual Basic syntaksi	6
Kuvio 2 Väyläterminaalijärjestelmän periaate.....	10
Kuvio 3 Induktiivisen lähestymiskytkimen toimintaperiaate.....	12
Kuvio 4 Induktiivinen lähestymiskytkin.....	12
Kuvio 5 Kapasitiivinen lähestymiskytkin	13
Kuvio 6 Lehden jakaminen osiin.....	15
Kuvio 7 Tietojen ja terminaalien määrittäminen	16
Kuvio 8 I/O-Laitteiden lisäys taulukkoon	17
Kuvio 9 Kaapelireitti	17
Kuvio 10 Laitteiden lisätiedot.....	18
Kuvio 11 Pudotusvalikko	19
Kuvio 12 E3:n käyttöliittymä	20
Kuvio 13 Piirtoalue	20
Kuvio 14 Component ja Sheet-ikkuna	21
Kuvio 15 Valikot.....	22
Kuvio 16 Database Editor	23
Kuvio 17 Pohjakuvia	24
Kuvio 18 VbsEdit.....	25

Taulukot

Taulukko 1 E3:n moduuleita.....	5
---------------------------------	---

Sanasto

Anturi	Nimitys automaatiassa käytettäville tunnistimille
I/O	Input/Output, tulot ja lähdöt
IDE	Intergrated Development Environment on ohjelmointiin tarkoitettu kehitysympäristö
Kenttäväylä	Automaatiassa käytetty tekniikka, jolla saadaan laitteistojen osat yhdistettyä toisiinsa yksinkertaisella kaapeloinnilla.
Komentosarja	Yksinkertainen ohjelma, jonka tarkoituksena on yleensä suorittaa sarja toimintoja.
Lehti	Nimitys dokumentin sivulle
Notepad	On Windowsin mukana tuleva yksinkertainen tekstieditori
Tietokanta	Kokoelma toisiinsa liittyvää tietoa
Toistin	Laite, joka ottaa signaalin vastaan ja lähettää sen eteenpäin muuttomattomana
VB	Visual Basic on Microsoftin kehittämä ohjelmointikieli
VBA	Visual Basic for Applications on Visual Basicistä kehitetty murre office-ohjelmien kehittämiseen
VBScript	Visual Basic Script on Visual Basicista kehitetty komentosarjakieli

1 Johdanto

Aikataulujen kiristymisen ja korostuneen tehokkuuden vuoksi useita työtehtäviä pyritään automatisoimaan mahdollisuuksien mukaan. Automatisoinnilla pystytään nopeuttamaan työtehtäviä, jotka ovat luonteeltaan toistuvia. Hyvin toteutetulla automaatiolla pystytään vähentämään projektien suunnitteluvaiheen inhimillisiä virheitä, jotka saattaisivat aiheuttaa projektien edetessä suuria lisäkustannuksia.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Pronor Engineer Oy:lle Zuken E3. suunnitteluohjelmistoa. Yrityksellä on tavoitteena saada kehiteltyä uusi sähkösuunnitteluohjelmisto, jolla pystytään automatisoimaan piirikaavioiden piirtäminen. Yritykselle oli jo aikaisemmin kehitetty opinnäytetyö, jolla saatiin automatisoitua moottoripiirikaavioiden piirtämistä. Tässä opinnäytetyössä keskitytään tulo- ja lähtöpiirikaavioiden piirtämisen automatisointiin. Ennen opinnäytetyötä näiden piirikaavioiden piirtäminen toteutettiin käyttämällä Vertex Ed ohjelmistoa. Vanhalla suunnitteluohjelmalla pystytään luomaan automaattisesti Excel-määrittelytiedoston pohjalta sarja kuvia. Ongelmina vanhassa suunnitteluohjelmassa oli, että kuvien piirättämisen jälkeen joutui tekemään vielä paljon manuaalista suunnittelutyötä. Tästä aikaa vievästä manuaalisesta vaiheesta haluttiin päästä eroon uudella ohjelmalla. Opinnäytetyössä toteutettiin toimiva komentosarja, Excel-määrittelytiedosto ja tarvittavat pohjakuvat, joilla pystytään vähentämään manuaalista suunnittelutyötä. Valmista työtä päästiin lopuksi testaamaan erääseen yrityksen projektiin.

Raporttini siirtyy johdannon jälkeen tietoperustaosuuteen, jossa käsitellään työhön liittyvää teoriaa ja tarkastellaan asioita joihin työtä tehdessä on törmätty. Aluksi teoriaosuudessa käsitellään suunnitteluohjelmistoa ja sitä mihin kaikkeen se soveltuu. Seuraavaksi käsitellään komentosarjaan liittyvää teoriaa ja avataan hieman sen historiaa ja kehitystä. Lisäksi käsitellään komentosarjan läheisiä ohjelmointikieliä. Seuraavaksi kerrotaan standardiviesteistä ja avataan Profibus-kenttäväylän teoriaa. Näiden käsitteiden avaaminen on olennainen osa työtä, sillä työssä käytetty Beckhoffin väyläterminaalijärjestelmä toimii eräänlaisena rajapintana näiden välillä. Seuraavaksi

käydään läpi työssä käytettyjä antureita ja niiden tekniikkaa. Lopuksi käydään läpi hieman vanhoja komentosarjoja, joiden pohjalta lähdettiin kehittämään omaa uutta komentosarjaa. Teoriaosuuden jälkeen käydään läpi varsinaisen työn toteutusta ja sen eri vaiheita. Lopetan työni tulosten esittelyyn ja pohdintaan.

2 Tietoperusta

2.1 Zuken E3.series

E3.series on japanilaisen Zukenin kehittämä ohjelmisto, joka sisältää erilaisia moduuleita erilaisiin käyttökohteisiin (ks. taulukko 1). E3.series on Windows-pohjainen helpokäyttöinen suunnitteluohjelmisto, jonka pääasiallisia käyttökohteita ovat sähkö-, johdotus-, pneumatiikka- ja hydraulikkasuunnittelu. E3:sella pystytään hoitamaan kaikkien näiden suunnittelu yhdellä ohjelmistolla, johon hankitaan tarvittavat lisämoduulit käyttotarpeiden mukaan. E3. ohjelmistolla pystytään myös suunnittelemaan tarvittavat johtosarjat ja keskusten layout-kuvat ja niiden johdotukset. (Zukenin nettisivut 2016.) Tässä opinnäytetyössä keskitytään E3.Cable ja E3.Panel moduuleihin.

Taulukko 1 E3:n moduuleita (Zukenin nettisivut 2016).

Moduuli	
E3.Schematic	Käytetään piirikaavioiden luontiin.
E3.Cable	Käytetään johtosarjojen ja kaapelointien suunnitteluun. Sisältää myös E3.Schematicin toiminnot.
E3.Panel	Käytetään keskusten ja koteloiden Layout-suunnitteluun
E3.Redliner	E3:n punakynä moduuli
E3.Fluid	Käytetään hydraulikka ja pneumatiikka kaavioiden suunnitteluun
E3.View	Tällä pystytään ainoastaan katsomaan E3:sella tehtyjä kuvia

E3:n toiminta perustuu objekteihin, joita hallitaan E3:n tietokannalla. Objektit voivat olla suunnittelussa käytettäviä komponentteja, kaapeleita tai muita vastaavia. Yhteen objektiin luodaan kaikki tarvittava tieto siihen liittyen. Kun johonkin E3:n moduuleista lisätään objektin osa, on se automaattisesti käytettävissä kaikissa muissakin moduuleissa. Tämän ansiosta johonkin objektiin tehdyt muutokset päivittyvät automaattisesti koko projektiin. E3:n objektitietokantoja voidaan muokata E3:n omalla tietokantaeditorilla tai suoraan muokkaamalla varsinaista tietokantatiedostoa E3:n ulkopuolella. (E3. Datasheet.)

E3. tukee tiedonsiirtoa E3:n ja jonkin ulkoisen ohjelman välillä. Tässä työssä hyödynnettiin ulkoisena ohjelmana Exceliä. Rajapintana tiedonsiirrossa toimii Visual Basic Script. Visual Basic Script mahdollistaa näiden komentosarjojen vapaan kehittämisen yrityksien omiin tarpeisiin.

2.2 Visual Basic

Visual Basic on Microsoftin kehittämä tekstipohjainen ohjelmointikieli, jota ohjelmoidaan IDE- sovelluksella. Visual Basicista julkaistiin ensimmäinen versio vuonna 1991, joka mullisti Windowsin ohjelmistokehityksen esittelemällä tapahtumaohjattu ohjelmointi suurelle yleisölle. Vuosina 1991–1998 Microsoft julkaisi yhteensä kuusi eri versiota Visual Basicista. Versio 6.0 jäi viimeiseksi Visual Basiciksi sillä vuonna 2002 Microsoft julkaisi uuden Visual Basic.NET:in. Visual Basic perustuu vanhaan QuickBasic-ohjelmointikieleen. (Halvorson 2012, xviii.) Kuviossa 1 esitetään yksinkertaista ohjelmaa, joka on tehty Visual Basicilla.

```
1 Private Sub Hello_World()  
2     'Näyttää viestin, jossa lukee "Hello, World!"  
3     MsgBox "Hello, World!"  
4 End Sub  
5
```

Kuvio 1 Visual Basic syntaksi

2.2.1 Visual Basic for Applications

Visual Basic for Application (VBA) on Visual Basicista kehitetty ulkoiseen sovellukseen upotettu komponentti. Visual Basic for Application eroaa Visual Basicista siten, että se vaatii toimiakseen toisen ohjelman. Visual Basic for Applicationia käytetään yleisimmin Microsoftin Office ohjelmien yhteydessä. VBA monipuolistaa Office-ohjelmien käyttöä mahdollistamalla helpon sovelluskehityksen Office-ympäristössä.

(Kingshey-Hughes, Kingshey-Hughes & Read 2008, 38–39.)

Visual Basic for Applicationin yleinen käyttökohde on Excelissä käytetyt makrot. Excelissä on sisäänrakennettu VBA- editori, johon päästään kehitystyökalujen kautta. Vapaasti muokattavat makrot mahdollistavat Excelin tehokkaamman käytön. (VBA in Excel 2009.)

2.2.2 VBScript

VBScript on yksi Visual Basicista kehitetty murre. Tästä johtuen Visual Basic Script on ulkoasultaan Visual Basicin kaltainen. Suurimpana erona Visual Basic:iin on se että Visual Basic Scriptia pystytään ohjelmoimaan ilman erillistä IDE-sovellusta. Visual Basic Scriptin ohjelmointi onnistuu esimerkiksi Notepadilla. VBScript vaatii toimiakseen isäntäsovelluksen, esimerkiksi Internet Explorer -selaimen. Alun perin Microsoft kehitti Visual Basic Scriptin, jotta ohjelmoijat pystyisivät käyttämään Visual Basic osaamistaan internetsivujen kehittämiseen. (Kingshey-Hughes, Kingshey-Hughes & Read 2008, 32;39.)

VBScriptin ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1996 Internet Explorer 3.0 selaimen yhteydessä. Windows on julkaissut useita päivitettyjä versioita, joista uusin on versio 5.8. (VBScript Version Information 2009.)

2.3 Standardiviestit

Analogiset signaalit voidaan jakaa jännite- ja virtasignaaleihin. Näistä yleisimmin teollisuudessa käytetty on analoginen virtasignaali. Analogisen virtasignaalin yleisimmät arvot ovat 0–20mA ja 4–20mA, joista yleisemmin käytetään jälkimmäistä sen kelluvan nollapisteen vuoksi. Kelluva nollapiste mahdollistaa tarkemman tiedon siitä, onko mittausarvo varmasti pienin mahdollinen vai onko esimerkiksi johdin poikki. Analogisen jännitesignaalin idea on sama kuin virtasignaalin. Signaalin arvoina voivat olla esimerkiksi 0–5V, 1–5V tai 0–10V. Analogia signaaleja käytetään pääasiassa prosessien mittauksissa ja säädöissä. (Mäkinen, Kallio, Tantarimäki 2009, 157–158.)

Tässä työssä käytetään myös binääriviestiä, joka tarkoittaa käytännössä päälle/pois-signaalia. Tällaisia viestejä käytetään esimerkiksi raja-, lähestymis- ja paineekytkeissä sekä katkaisijoissa. Binääriviestiä voidaan käyttää laitteiden tilatietojen lukemiseen tai toimilaitteiden päälle/pois ohjaukseen. (Mäkinen, Kallio, Tantarimäki 2009, 159.)

2.4 Profibus

Profibus-väylän kehitys alkoi 1980-luvulla Saksan hallituksen ja johtavien teollisuuden yritysten toimesta. Heidän tavoitteenaan oli kehittää standardoitu sarjaliikennepohjainen kenttäväyläjärjestelmä. Ensimmäinen versio Profibus-kenttäväylästä oli Profibus FMS. Profibus-väylästä on kehitetty useampia eri versioita, joita ovat esimerkiksi Profibus FMS, Profibus DP ja Profibus PA. (Profibus 2016.) Profibus kenttäväyläratkaisut ovat todella suosittuja Euroopassa. Vuoteen 2014 mennessä Profibus-laitteita oli asennettu noin 51 miljoona kappaletta. (Profibus overview.) Profibus-väylä perustuu OSI-malliin. OSI-malli koostuu seitsemästä tasosta, joista Profibus käyttää tasoja 1, 2 ja 7. Ensimmäinen taso on fyysinen kerros, joka määrittää kaikki fyysiset asiat, kuten tiedonsiirtotavan. Toinen taso on siirtoyhteyserros, joka määrittää kaiken yhteyksiin liittyen kuten yhteyden muodostamisen ja purkamisen. Seitsemäs taso

on sovelluskerros, jonka tehtävänä on toimia linkkinä ohjelmaan, joka käyttää tiedonsiirtoa. (Profibus 2016; Osi-malli 2002.)

Profibus-väylän kehitystä jatkettiin FMS:n jälkeen ja vuonna 1993 esiteltiin uusi Profibus-väylä, joka oli Profibus DP. Profibus DP oli yksinkertaisempi ja nopeampi verrattuna vanhempaan väylään. Profibus DP:stä on kehitetty useampia erilaisia versioita, jotka ovat DP-V0, DP-V1 ja DP-V2. (Profibus 2016.) Profibus-väylässä voidaan käyttää nopeuksia väliltä 9,6 kbit/s ja 12000 kbit/s. Väylässä käytetty nopeus vaikuttaa suoraan yhden Profibus-segmentin maksimipituuteen. Nopeudella 9,6 kbit/s segmentin maksimipituus on 1200m ja nopeudella 12000 kbit/s pituus on 100m. Yhdessä Profibus DP-segmentissä on mahdollista olla ainoastaan 32 laitetta. Segmenttejä voidaan kytkeä toisiinsa toistimilla, joilla saadaan lisättyä laitteiden määrää. Yhdessä väylässä voi olla maksimissaan 127 laitetta. Profibus DP väylässä jokaisella laitteella on yksilölliset osoitteet, jotka ovat väliltä 0–127. Osoitteista 0 ja 127 on varattu väylän omiin tarpeisiin. (Profibus Desing and good practices.)

2.5 Beckhoff-väyläterminaalijärjestelmä

Työssä käytettiin hajautus I/O:na Beckhoffin valmistamaa järjestelmää. Hajautus I/O:ta käytetään siirtämään tulo- ja lähtökortit lähemmäksi toimilaitteita kenttäväylätekniikkaa hyödyntäen. Tämä vähentää laitteiden vaatimaa kaapelointia ja sitä kautta kustannuksia.

Beckhoffin-väyläterminaalijärjestelmä koostuu väyläliittimestä ja siihen liitetyistä väyläterminaaleista. Väyläliitin muodostaa yhteyden kenttäväylää pitkin sitä määräävään ohjaukseen. Terminaaleista luodaan yhteys antureihin ja toimilaitteisiin. Terminaalit käyttävät tiedonsiirrossaan niiden läpimenevää K-bussia. Jokaisessa terminaalissa on kummallakin puolella kuusi jousikuormitteista kontaktia, joita K-bus käyttää. Lisäksi jokaisessa terminaalissa on sivuilla virtaliittimet, joilla käyttöjännite saadaan

siirrettyä. Terminaalirivistä voidaan muodostaa useampia toisistaan potentiaaliero-
tettuja ryhmiä käyttämällä potentiaalinsyöttöterminaaleja. Potentiaalinsyöttötermi-
naaliin voidaan syöttää ulkoinen jännitteensyöttö. Terminaali myös erottaa seuraavat
terminaalit galvaanisesti edellisestä jännitteensyötöstä. Jokainen terminaalirivi on
päättävä lopputerminaalilla, joka sulkee K-bussin. Jokainen terminaalirivi alkaa ha-
lutusta väyläliittimestä ja päättyy lopputerminaaliiin. (KL2904 Käyttöohje 2006.) Kuvi-
ossa 2 on esitetty väyläterminaalijärjestelmän rakenne.



Kuvio 2 Väyläterminaalijärjestelmän periaate (BC3150 Käyttöohje 2006).

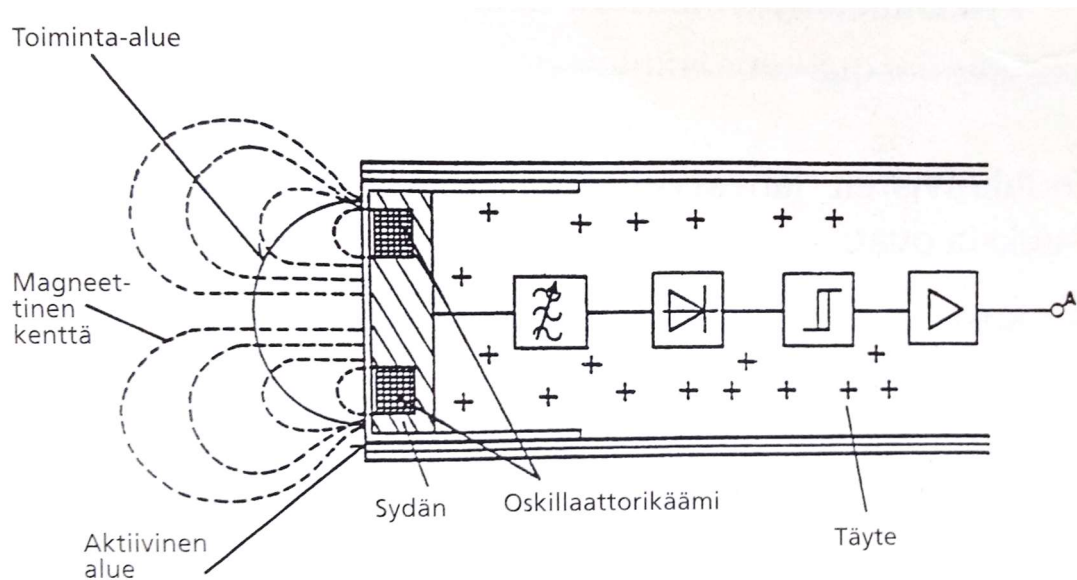
Tässä työssä käytettiin Beckhoffin BK3150 -väyläliittintä, KL1408 -digitaalituloterminaalialia, KL2408 -digitaalilähtöterminaalialia ja KL3054 -analogituloterminaalialia. Työn rakenne mahdollistaa myös kaikkien E3:n tietokantaan tehtyjen terminaalien käytön. Edellä mainittujen lisäksi työssä käytettiin myös jännitteenjakeluun tarvittavia terminaalialiaja ja lopputerminaalialiaja.

2.6 Lähestymiskytkimet

Lähestymiskytkimiä käytetään, kun halutaan saada tieto kappaleen lähestymisestä ilman mekaanista kosketusta. Lähestymiskytkimet eivät vaadi kappaleelta mekaanista voimaa, toisin kuin mekaaniset rajakytkimet. Lähestymiskytkimet ovat täysin elektronisia, joten niiden kanssa ei esiinny mekaanisten koskettimien aiheuttamia ongelmia. Lähestymiskytkimillä saavutetaan myös nopeampi kytkentätiheys verrattuna tavallisiin rajakytkimiin. Poikkeuksena tähän on reedkytkin, jonka toiminta perustuu mekaaniseen koskettimeen ja lähestyvään magneettiin. Lähestymiskytkimiä on reedkytkimen lisäksi induktiivisesti, kapasitiivisesti, magneettisesti ja optisesti toimivia. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, 193–199.) Tässä opinäytetyössä käytettiin induktiivisia ja kapasitiivisia lähestymiskytkimiä.

2.6.1 Induktiivinen lähestymiskytkin

Induktiivisen lähestymiskytkimen toiminta perustuu magneettikentän häiriintymiseen anturin tunnistusetaisyydellä. Magneettikentän häiriintyminen aiheuttaa oskillaattorin vaimentumisen, jonka anturin sisäänrakennettu elektroniikka tunnistaa ja muuntaa anturin kytkentätilan. Anturin magneettikenttä toteutetaan oskillaattorilla (ks. kuvio 3). (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, 193–194.)



Kuvio 3 Induktiivisen lähestymiskytkimen toimintaperiaate (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, 193)

Induktiivisia lähestymiskytkimiä käytetään metallisten esineiden kosketuksettomaan tunnistamiseen. Kytkimen tunnistusetäisyyteen vaikuttavat muun muassa tuntopään halkaisija, tunnistettava materiaali, kappaleen sijainti suhteessa mittapähän ja anturin mittauspään pinta-ala. Suuremmat anturit vaativat tunnistukseen suuremman kappaleen kuin pienemmät. Tämä johtuu suurempien antureiden laajemmasta magneettikentästä. Anturia asentaessa on hyvä huomioida, ettei anturin läheisyydessä ole metallia tai muuta hyvin sähköä johtavaa materiaalia. (Operating principles for inductive proximity sensors 2015.) Kuviossa 4 on IFM:n valmistama induktiivinen lähestymiskytkin.



Kuvio 4 Induktiivinen lähestymiskytkin (IGC001 Induktiivinen anturi)

2.6.2 Kapasitiivinen lähestymiskytkin



Kuvio 5 Kapasitiivinen lähestymiskytkin (KG5071 Kapasitiivinen anturi)

Kapasitiivisen lähestymiskytkimen toiminta perustuu muuttuvaan sähkökenttään. Sähkökenttä muuttuu anturin vaikutusalueella tunnistettavan materiaalin dielektrisyys mukaan. Kapasitiivisella anturilla pystytään tunnistamaan melkein kaikkia materiaaleja mukaan lukien metalleja. Kapasitiivisella anturilla pystytään tunnistamaan kappaleita myös toisten ei-metallisten kappaleiden takaa. Tällöin kuitenkin tunnistettavan kappaleen dielektrisyysvakion on oltava suurempi kuin väliaineen vakion.

Kappaleen dielektrisyysvakio vaikuttaa anturin tunnistusetäisyyteen. Mitä pienempi dielektrisyysvakio kappaleella on, sitä lähempänä sen on oltava anturia. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, 194–195.) Tunnistusetäisyyteen vaikuttaa myös anturin pinta-ala. Verrattaessa anturin tunnistusetäisyyttä puun ja metallin välillä huomataan, että anturi pystyy tunnistamaan metallisen esineen kaksinkertaisen matkan päästä. (Operating principles for capacitive proximity sensors 2011.)

2.7 Panielähetin

Panielähettämiä käytetään nesteiden, kaasujen ja höyryjen ali- ja ylipaineiden, sekä nesteiden pinnankorkeuden mittaamiseen. Panielähetin koostuu mittausmekanismista, johon kuuluvat prosessiin kiinnitettävä mittausyhde, erotus-, mittauskalvo ja mahdollinen täyttöneste sekä mittakenno. Panielähettimessä on myös elektroniikka-osa, joka muuntaa saadun mittaustuloksen halutuksi sähköiseksi suureeksi. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 177–180.)

Tässä työssä painelähettämiä käytettiin nesteen pinnankorkeuden mittaamiseen. Panielähetin asennetaan säiliön alaosaan, jolloin siihen vaikuttaa nesteen hydrostaattinen paine (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 180). Hydrostaattinen paine saadaan laskettua seuraavalla kaavalla. Kaavasta pystytään johtamaan nesteen pinnankorkeus.

$$p = \rho * g * h$$

jossa

p = hydrostaattinen paine [N/m²]

ρ = aineen tiheys [kg/m³]

g = maan vetovoiman kiihtyvyys [m/s²]

h = nestepatsaan korkeus [m]

2.8 Vanhat komentosarjat

Opinnäytetyön tietoperustana käytettiin myös aikaisemmin luotuja komentosarjoja. Osa komentosarjoista oli E3:n valmiita komentosarjoja. Pronor Engineer Oy on kehittänyt omia komentosarjoja, joilla pystytään luomaan esimerkiksi moottoripiirikaavioita ja kaapeliluetteloja. Komentosarjoista voitiin hyödyntää työn alkuvaiheessa jo olemassa olevaa informaatiota Visual Basic Scriptin, E3:n ja Excelin toiminnasta. Van-

hoja komentosarjoja ei pystynyt kuitenkaan hyödyntämään suoraan sillä niiden käyttötarkoitukset olivat erilaisia kuin tässä opinnäytetyössä. Lisäksi E3:n omissa komentosarjoissa valitaan käytettävä kieli, jonka pohjalta E3. osaa valita tietokannasta objekteille oikeat kieliasetukset. Tätä ominaisuutta ei tässä opinnäytetyössä tarvittu.

3 Työn toteutus

Ennen varsinaisen työn aloittamista päätin jakaa piirustusalueen useampaan osaan. Ideana oli, että kuvien piirättämisvaiheessa komentosarja käy Excel-taulukon pohjalta täyttämässä lehden paloittain (ks. kuvio 6)

Nimi 1	Nimi 2	Nimi 3	Nimi 4	Nimi 5	Nimi 6	Nimi 7	Nimi 8
Osoite 1 (kortti)	Osoite 2 (kortti)	Osoite 3 (kortti)	Osoite 4 (kortti)	Osoite 5 (kortti)	Osoite 6 (kortti)	Osoite 7 (kortti)	Osoite 8 (kortti)
Jännitteenjaku	Jännitteenjaku	Jännitteenjaku	Jännitteenjaku	Jännitteenjaku	Jännitteenjaku	Jännitteenjaku	Jännitteenjaku
Riviliitinkotelo 1	Riviliitinkotelo 1	Riviliitinkotelo 1	Riviliitinkotelo 1	Riviliitinkotelo 1	Riviliitinkotelo 1	Riviliitinkotelo 1	Riviliitinkotelo 1
Riviliitinkotelo 2	Riviliitinkotelo 2	Riviliitinkotelo 2	Riviliitinkotelo 2	Riviliitinkotelo 2	Riviliitinkotelo 2	Riviliitinkotelo 2	Riviliitinkotelo 2
Riviliitinkotelo 3	Riviliitinkotelo 3	Riviliitinkotelo 3	Riviliitinkotelo 3	Riviliitinkotelo 3	Riviliitinkotelo 3	Riviliitinkotelo 3	Riviliitinkotelo 3
Laite 1	Laite 2	Laite 3	Laite 4	Laite 5	Laite 6	Laite 7	Laite 8

Kuvio 6 Lehden jakaminen osiin

Lehden jakaminen osiin määritteli pitkälti, miten Excel-taulukko on täytettävä ja miten komentosarja käy sieltä tarvittavat tiedot lukemassa. Exceliin täytettyjen tietojen perusteella komentosarja käy täyttämässä lehdet paloittain sopivien pohjakuvien avulla.

3.1 Excel-taulukon luonti

Opinnäytetyön alkuvaiheessa luotiin alustava Excel-taulukko, johon käytiin määrittämässä halutut laitteet ja niiden osoitteet. Tästä oli järkevintä aloittaa sillä kuvien piirättämisvaiheessa komentosarja käy lukemassa Excel-taulukkoa tietynlaisessa järjestyksessä. Excel-taulukolla kahdeksan riviä vastasi yhtä E3:sen lehteä. Näille kahdek-

salle riville määritettiin kaikki yhdelle lehdelle tuleva tieto. Taulukko oli luotava järjestyksessä, jotta komentosarja tietää milloin sen on vaihdettava uusi lehti ja mitä laitteita kyseiselle lehdelle tulee. Excel-tilukko määritteli pitkälti koko komentosarjan rakennetta, vaikka Excel-tilukko muuttui huomattavasti alkuperäisestä komentosarjan kirjoittamisvaiheessa. Taulukon luonnissa oli tärkeää miettiä, miten I/O-terminaalit lisätään E3:ssa projektiin ja miten ne siellä nimitään. Tavoitteena oli saada lisättyä tietyn position terminaalit oikeaan järjestykseen suoraan, jotta layout-kuvien piirtäminen olisi nopeampaa.

High level assingment	Location	Väyläkortti	Virtalähde	Jännitteenjakelu	IO-tyyppi
E1	CP-06	BK3150	KL9200+-	Ttrima	KL1408
E1	CP-06			Ttrima	KL1408

Kuvio 7 Tietojen ja terminaalien määrittäminen

Kuviossa 7 on lisätty taulukkoon kahdelle ensimmäiselle lehdelle tulevia tietoja. Tiedoissa määritetään aluksi kummankin lehden ylempi ja alempi positio. Komentosarja käy ensin lukemassa kyseisen lehden positiot ja lisää ne projektiin. Sen jälkeen komentosarja käy lisäämässä tarvittaessa väylä- ja jännitteenjakeluterminaalit. Lopuksi komentosarja lisää tarvittavan I/O-terminaalit. Näillä tiedoilla saadaan työn loppuvaiheessa lisättyä valmis terminaalirivi suoraan layout-kuvaan. Jännitteenjakelusaraketta käytettiin jännitteenjakeluriviliittimien lisäämiseen.

Taulukossa on myös kohta kaapelireittejä varten (ks. kuvio 9). Kaapelireitteihin määritellään projektissa käytetyt riviliitinkotelot ja ohjauspulpetit. Kaapeli-sarakkeeseen käydään lisäämässä pudotusvalikosta haluttu kaapeli. Kaapeleiden nimeämisessä tässä kohtaa käytetään tunnuksia, jotka määrittelevät käytetyn riviliitinkotelon. Tätä tietoa voidaan hyödyntää myöhemmin projektissa käytettyjen riviliitinkoteloiden layout-kuvien piirtämiseen ja niiden määrän laskemiseen. Jos projektissa käytetään esimerkiksi monta samanlaista riviliitinkoteloja, voidaan niiden määrä laskea suoraan Excel-taulukosta. Mielessäni oli myös riviliitinkoteloiden layout-kuvien piirtämisen automatisointi, mutta jätin sen toteutuksen myöhemmäksi.

Laitte	Lenkitys	Cable	Johdintyyppi	Johtimet	
MGV2		TK5	Nomak 4x2x0.5	1	1 1or 2 PE
XB4-BL31	+	TK16	Nomak 8x2x0.5	1	1va N
VK		TK10	Ölflex 12x1.5	2	2or 1
Merkkivalo	-	TK20	Nomak 12x2x0.5	1	2va 2
BK-1813testi	+				3or 3
CIM07-02-02	+	Osa			3va 4
IEC08-10-01	-	Osa			4or 5
ZB4-BJ5	+				4va 6
XB4-BW31B5	+				5or 7
BK-1813	+				5va 8
PAINELAH					6or 9
INDRAJ					6va 10
SGP-0362					7or 11
					7va 12
					8or 13
					8va 14
					9or 15
					9va 16
					10or 17
					10va 18
					11or 19
					11va 20
					12or 21
					12va 22

Kuvio 10 Laitteiden lisätiedot

Taulukossa on myös toinen välilehti, jota komentosarja käyttää hyödykseen. Välilehdelle käydään määrittämässä lisäasetuksia komponenteille, jotta komentosarja osaa piirtää kuvia oikein. Toiselle välilehdelle määritellään käytettävissä olevat terminaalit, laitteet ja kaapelit sekä niihin liittyvät lisätiedot (ks. kuvio 10). Välilehdellä on määritetty miten laitteiden jännitteensyöttö voidaan tuoda viereiseltä laitteelta. Lisäksi on

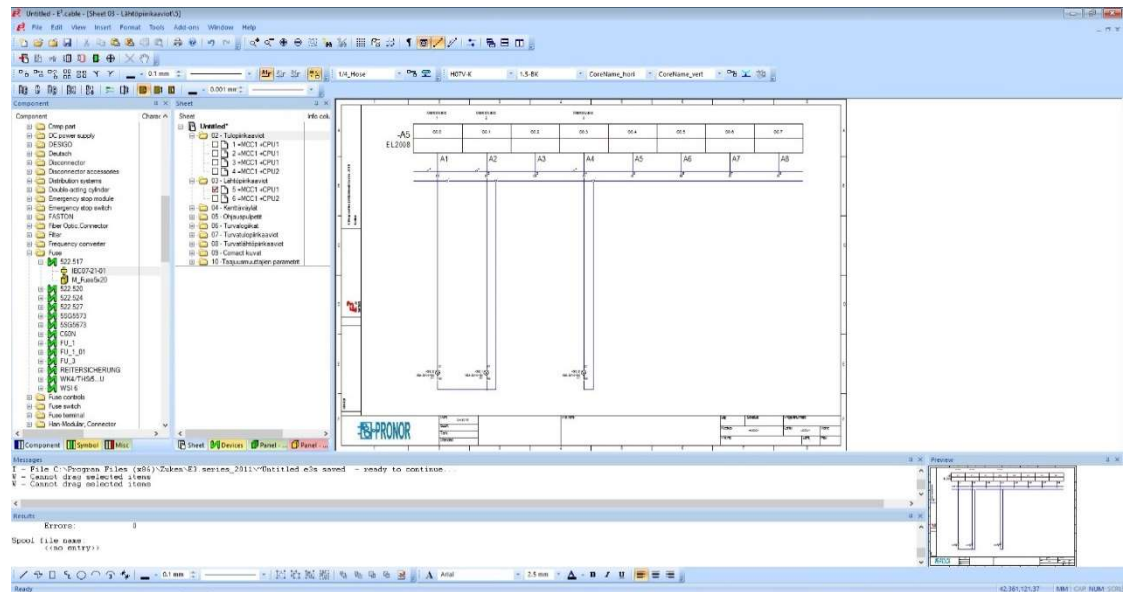
määritelty laitteiden yhdistettävyyss toisiin laitteisiin, kuten esimerkiksi koskettimissa. Välilehdellä määritellään myös käytettävät kaapelit ja niiden johtimet.

Jännitteenjako	IO-tyyppi	Laite	Osoite	Toiminto 1
Ttrima	KL1408		E240	
		BK-1813	E240.0	PUMPPU MPU-80
		CIM07-02-02	E240.1	PUMPPU MPU-80
		CIM07-02-02	E240.2	PUMPPU MPU-80
		IEC08-10-01	E240.3	PUMPPU MPU-80
		ZB4-BJ5	E240.4	PUMPPU MPU-80
		XB4-BW31B5	E240.5	PUMPPU MPU-80
		BK-1813	E240.6	PUMPPU MPU-80
		PAINELAH	E240.7	PUMPPU MPU-80
		INDRAJ	E240.8	PUMPPU MPU-80
		SGP-0362	E240.9	PUMPPU MPU-80
		CIM07-02-02	E240.10	PUMPPU MPU-80
Ttrima	KL1408		E241	
		BK-1813	E241.0	PUMPPU MPU-80
		CIM07-02-02	E241.1	PUMPPU MPU-80

Kuvio 11 Pudotusvalikko

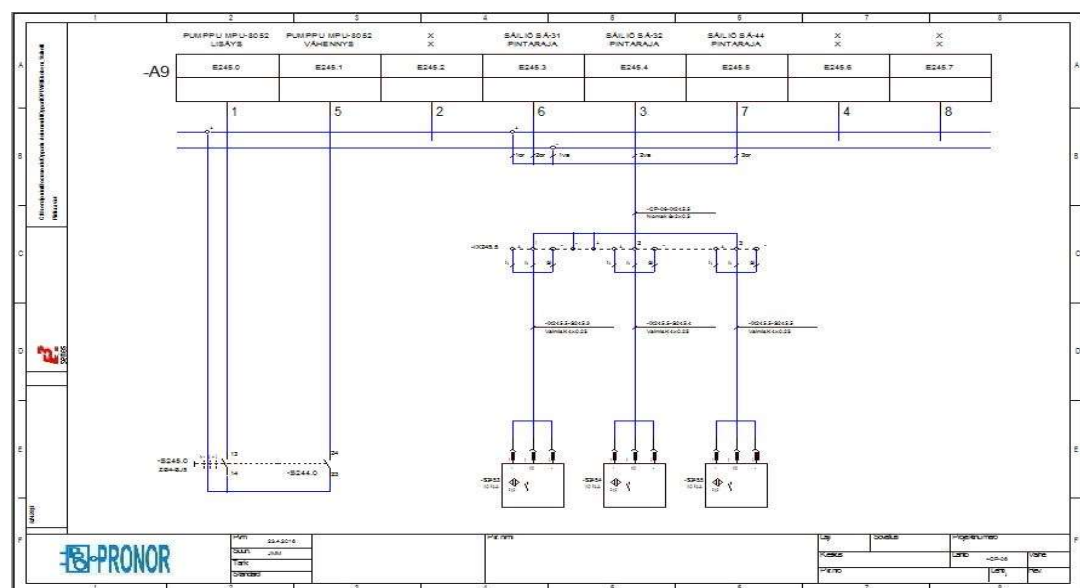
Taulukkoon on myös lisätty jokaiseen tarvittavaan kohtaan pudotusvalikot, joista pystytään valitsemaan suoraan käytettävissä olevat laitteet (ks. kuvio 11). Tämä helpottaa taulukon täyttämistä, koska suunnittelijan ei tarvitse muistaa kaikkia käytettäviä terminaleja, laitteita, kaapeleita ja kaapelireittejä ulkoa.

3.2 E3-Ohjelmisto



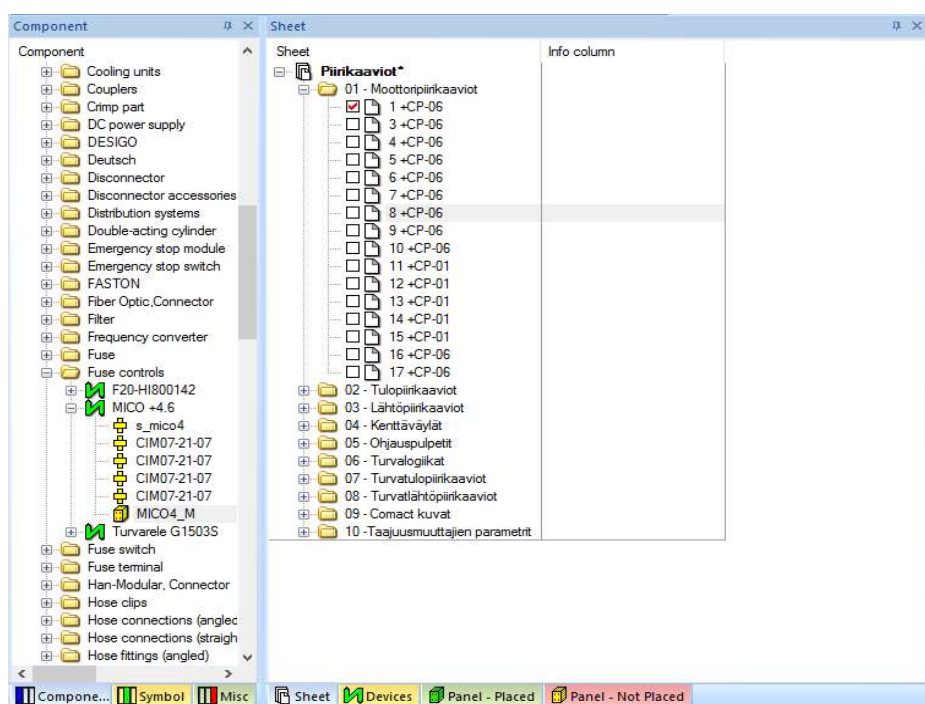
Kuvio 12 E3:n käyttöliittymä

E3. oli ohjelmistona tuttu jo ennen opinnäytetyön aloittamista. E3:ssä kuvien piirtäminen aloitetaan perustamalla projekti, jonka pohjalla piirikaaviot ja layout-kuvat luodaan. E3:sen käyttöliittymä jakautuu useampiin välilehtiin, jotka helpottavat suunnittelijan työtä. Kuviossa 12 on E3:n käyttöliittymän ulkoasu.



Kuvio 13 Piirtoalue

Kuviossa 13 on esitettyä E3:n piirtoalue. Piirtoalueella esitetään aina haluttu lehti. Lehteen tuodaan halutun kokoinen pohjakuva, johon kuuluvat kuvan reunukset joihin saadaan lisättyä lehden tarkemmat tiedot. Kuviossa 13 on jo komentosarjalla piirretty tulopiirikaavio. Tästä pystyy huomaamaan miten lehti on jaettu osiin, kuten kuviossa 6 on ajateltu.

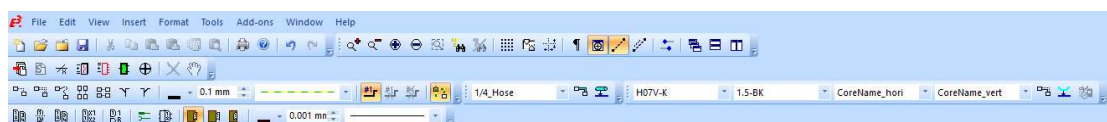


Kuvio 14 Component ja Sheet-ikkuna

Kuviossa 14 on esitetty E3:n projektin hallintaan käytettävä Sheet-ikkuna ja tietokannan hallintaan käytettävä Component-ikkuna. Sheet-ikkunan Sheet-välilehdellä on esitetty projektissa käytetyt lehdet. Lehdet pystytään järjestelemään kansioihin, esimerkiksi niiden tyypin mukaan. Devices-välilehdellä nähdään projektissa käytetyt laitteet järjesteltynä niiden positioiden mukaan. Täältä pystytään hallitsemaan projektissa olevia laitteita. E3:sella pystyy tekemään näistä laitteista valmiin luettelon, joka nopeuttaa suunnittelijan työtä huomattavasti, koska jokaista laitetta ei tarvitse itse käsin laskea. Device-välilehdellä on myös projektissa käytetyt kaapelit, joista saadaan

myös luotua suoraan kaapeliluettelo ja kytkentälista. Panel-välilehdiltä taas nähdään onko projektissa käytetyt laitteet jo sijoitettu johonkin layout-kuvaan.

Component-ikkunalla hallitaan E3:sen tietokantaa ja sieltä löydetään kaikki projektissa käytettävät laitteet. E3:sen tietokanta perustuu siihen, että laitteen eli objektin alaisuudessa on useampia symboleita ja tarvittaessa layout-kuva. E3. osaa siis yhdistää suoraan useammalla eri lehdellä olevat symbolit toisiinsa, jos ne kuuluvat samaan komponenttiin. Misc-välilehdellä on piirtämisessä käytettäviä apuvälineitä.

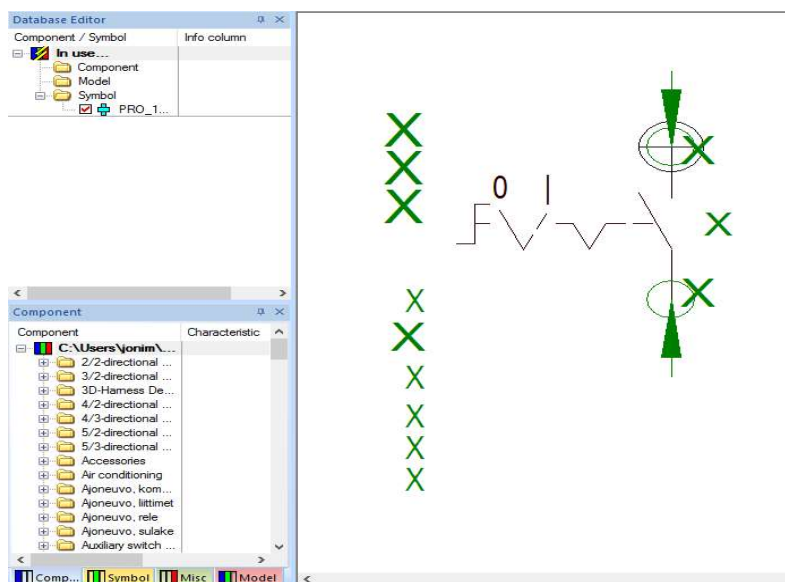


Kuvio 15 Valikot

E3:ssa on myös normaalit piirtämisohjelmissa käytettävät apuvälineet, joilla saadaan piirrettyä haluttuja muotoja ja signaalireittejä (ks. kuvio 15). Tarvittavat apuvälineet voidaan valita vapaasti.

3.3 Komponenttien ja pohjakuvien luonti

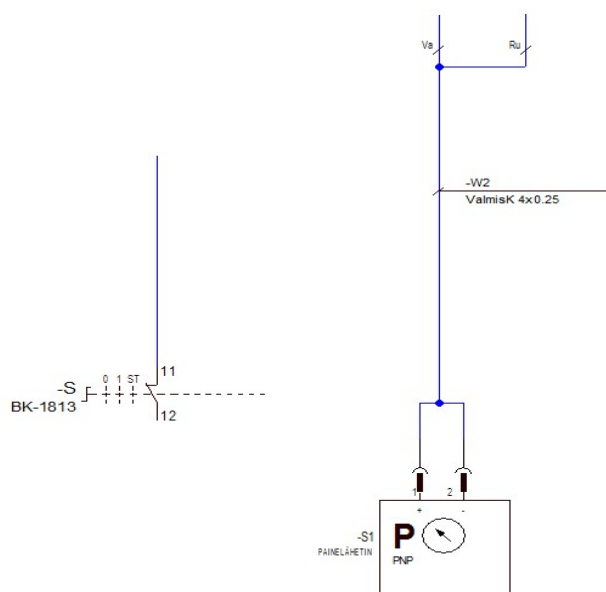
Kuten aikaisemmin opinnäytetyössä on mainittu E3:ssa komponentit muodostuvat symboleista, jotka ovat alistettu kyseisille komponenteille. Näitä komponentteja ja symboleita pystytään muokkaamaan E3:sen omalla Database Editorilla.



Kuvio 16 Database Editor

Database Editorin yläkulmassa on esitetty muokattavissa oleva komponentti ja sen osat. Kuviossa 16 muokataan symbolia, joka voidaan alistaa myöhemmin halutuille komponenteille. Symboliin käytiin lisäämässä sen liittimet ja niiden tunnuksien sijainnit. Symboleissa on myös tekstikentät varattuna halutuille tiedoille. Tässä opinnäytetyössä oli tärkeintä, että symboleiden origo oli sijoitettu siihen liitimeen mihin laitteen tilatieto haluttiin kytkettävän. Database Editorilla pystytään myös muokkaamaan E3:n objektitietokantaa.

Lehtien piirtäminen perustuu työssä siihen, että komentosarja käy täyttämässä lehden halutunlaiseksi Excel-taulukon mukaan. Lehden täyttämisen olisi voinut myös toteuttaa puhtaasti ohjelmallisesti ilman pohjakuvia. Tällöin komentosarja olisi käynyt lisäämässä jokaisen piirrosmerkin erikseen lehdelle. Ongelmana tässä olisi ollut komentosarjan monimutkaisuus ja ettei sillä olisi todennäköisesti pystynyt toteuttamaan kaikkia mahdollisia kytkentävaihtoehtoja. Lisäksi komentosarjasta olisi tullut todella hidas. Opinnäytetyössä päädyttiin siis toteuttamaan lehtien täyttämisen valmiilla pohjakuvilla, joiden avulla lehti täytetään oikeanlaiseksi.



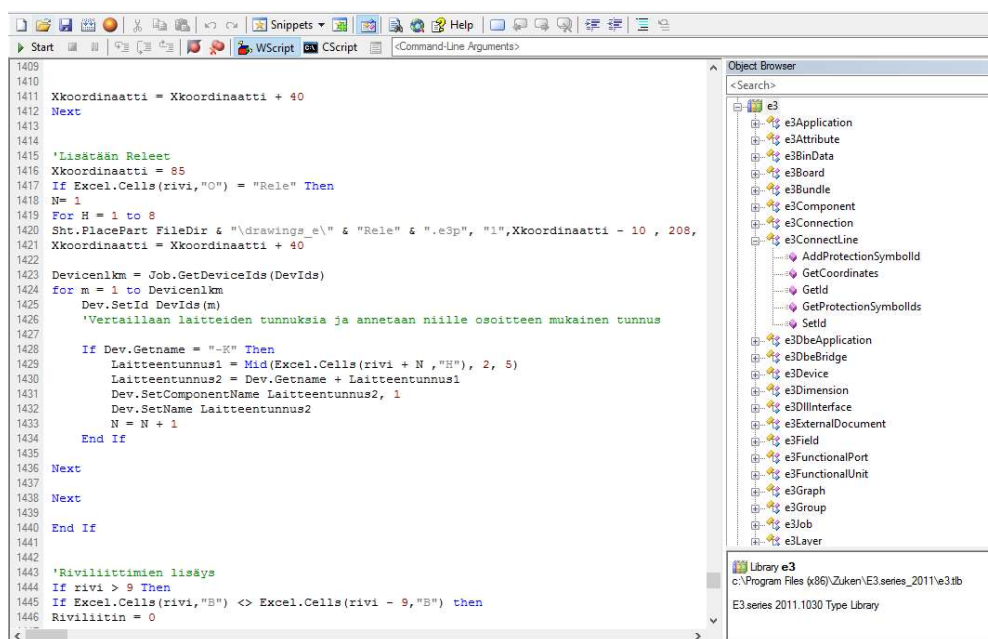
Kuvio 17 Pohjakuvia

Kuviossa 17 on esitetty työssä käytettyjä pohjakuvia, joita lisätään lehdelle Excel-taulukkoon täytettyjen tietojen perusteella. Pohjakuvien luonnissa oli kiinnitettävä huomiota kuvien yhdenmukaiseen nimeämiseen, jotta komentosarja osaa myöhemmin käydä hakemassa oikeat pohjakuvat jokaisessa tilanteessa. Ensimmäisten pohjakuvien jälkeen niiden jatkoluominen oli helppoa, sillä vanhoista pohjakuvista pystyi katsomaan mallia. Pohjakuvien luonnissa oli tärkeää, että niistä tehtiin oikeanlaisia. Vääränlainen pohjakuva saattoi törmätä toisiin lehdellä oleviin pohjakuviin ja jäädä siten piirtymättä. Kuvion 17 painelähtetimen pohjakuvaan on lisätty myös kaapeli, joka lisätään projektiin samalla kun painelähetin. Näiden komponenttien nimeämisessä komentosarja käyttää apunaan Exceliin syötettyjä tietoja.

3.4 Komentosarja

Komentosarjan tekemisen aloitettiin tutustumalla vanhoihin olemassa oleviin komentosarjoihin, joilla oli luotu moottoripiirikaavioita ja tehty kaapeliluetteloita E3:sen tietokannasta. Komentosarjojen tekeminen ei ollut ennen opinnäytetyön tekemistä tuttua. Työssä käytettävä VBscript kuitenkin muistuttaa paljon Visual Basic

ohjelmointikieltä. Tähän ohjelmointikieleen oli tutustuttu ennen opinnäytetyön tekemistä. Aluksi ongelmia tuotti vanhojen komentosarjojen toiminnan ymmärtäminen ja miten komentosarjalla käskytetään E3-ohjelmistoa. Komentosarjan tekemiseen käytettiin apuna VBsedit ja Notepad++ ohjelmia (ks. kuvio 18). VbsEdit'in Debug-ominaisuus auttoi komentosarjojen toiminnan ymmärtämisestä. VbsEdit osaa myös avata kirjaston, josta pystyy katsomaan käytettävissä olevia komentoja. Nämä samat komennot löytyvät myös E3:sen omasta oppaasta.



Kuvio 18 VbsEdit

Komentosarja rakentuu pääohjelmasta ja useista aliohjelmista, joiden avulla suoritetaan kuvien piirtämisessä useasti toistuvia tapahtumia. Pääohjelma oikeastaan vain luo yhteyden E3:een ja Exceliin ja määrittelee tarvittavat muuttujat. Komentosarja täyttää lehtiä sivu kerrallaan. Komentosarjan tekemisessä suurimpia ongelmia oli, miten riviliittimet ja johtimet saadaan nimettyä oikein. Ongelma saatiin ratkaistua luomalla komentosarjaan useampi taulukko, joihin kyseisten kaapeleiden käytetyt johtimet tallennetaan. Samalla tekniikalla toteutettiin myös riviliittimien numeroiti ja terminaalien nimeäminen. Tämä tekniikka mahdollisti myös sen, ettei saman position terminaalien tarvitse olla Excel-tilukossa peräkkäin.

4 Tulokset

Työtä testattiin erääseen yrityksen pieneen projektiin, joka oli sopivan haastava komentosarjan testaamiseen. Projektissa asennettiin olemassa olevaan automatiikka-keskukseen IO-hajautuspiste, joka kytkettiin olemassa olevaan järjestelmään Profibus-kaapeloinnilla. Tästä hajautuspisteestä Profibus DP-kenttäväylää jatkettiin uuteen keskukseen, johon lisättiin myös uusi IO-hajautus. Tämän lisäksi keskuksen kanneen tuli kytkimiä ja Siemensin näyttö, joka kytkettiin osaksi Profibus-väylää. IO-hajautuksille kytkettiin kannessa olevat kytkimet ja kentällä olevat toimilaitteet. Osa toimilaitteista kaapeloitiin I/O-hajautuspisteelle riviliitinkoteloiden kautta. Tavoitteena oli saada piirrettyä komentosarjaa käyttäen järjestelmän tulo- ja lähtöpiirikaaviot. Projektin suunnitteluun kuului näiden tietojen pohjalta piirtää myös tarvittavat jännitteenjakelu-, väylä- ja layoutkuvat.

Komentosarjan testaaminen käytännössä oli sen kehittämisen kannalta erityisen tärkeää. Tällöin sen toimivuutta saatiin testattua erilaisissa tilanteissa ja siitä saatiin korjattua virheitä. Aluksi komentosarja saattoi jäädä jumiin joihinkin silmukoihin ja lisätä välillä projektiin ylimääräisiä kaapeleita tunnuksella W1. Uusi pohjakuva saattoi myös osua hieman vanhan pohjakuvan päälle, joka aiheutti uuden pohjakuvan katoamisen. Nämä virheet saatiin kuitenkin helposti korjattua ja komentosarjalla sai tarvittavat kaaviot piirätettyä helposti.

Komentosarjalla piirrettiin yhteensä 21 lehteä kuvia. Komponentit ja kaapelit saatiin lisättyä oikein E3:sen tietokantaan. Projektin useamman I/O-hajautuksen ansiosta siinä pystyttiin testaamaan myös layout-kuvien piirtämistä. Tavoitteena oli, että I/O-terminaalirivi saataisiin lisättyä layout-kuvaan kerralla oikeassa järjestyksessä. I/O-terminaalirivien lisääminen yhdellä kerralla onnistui hyvin. E3. osasi myös erotella käytetyt laitteet omiin positioihinsa, jolloin layout kuvien piirtäminen oli todella nopeaa. E3. kertoi suoraan mitkä laitteet kuvaan pitää vielä sijoittaa. Liitteessä 1 on ensimmäinen versio keskuksen layout-kuvasta. Tarvittaessa E3:ssa pystyy valitsemaan esimerkiksi koko kyseisen keskuksen riviliitinvivin ja sijoittamaan sen kerralla

keskuksen layout-kuvaan. Projektissa pääsi myös testaamaan E3:n kaapeli- ja komponenttiluetteloiden tekemistä.

Projektin sähkösuunnittelu onnistui hyvin komentosarjaa käyttämällä. Manuaalisesti piti tehdä ainoastaan kenttäväyläkuvat ja I/O-terminaalirivin vaatimat jännitteenjake-lukuvat. Muut kuvat syntyivät automaattisesti komentosarjaa käyttämällä. Komentosarja osasi myös kytkeä laitteet oikein I/O-terminaaleihin. Lopputuloksena projektiin syntyi kaikki tarvittavat sähkökuvat ja lisäksi positioiden tarvikelistat ja kaapeliluettelo. Kaapeli- ja komponenttiluettelot syntyivät automaattisesti, eivätkä vaatineet manuaalista työtä (ks. Liite 2). Liitteissä 3 ja 4 on esitetty komentosarjalla piirretty tulo- ja lähtöpiirikaavio.

5 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää komentosarjan pohja, jolla pystytään piirtämään alustavia tulo- ja lähtöpiirikaavioita. Tavoitteena oli myös nopeuttaa Layout-kuvien piirtämistä hyödyntämällä E3-ohjelmiston ominaisuuksia. Opinnäytetyön tavoitteena ei ollut tehdä valmista tuotetta vaan hyvä pohja, jota pystytään kehittämään tarpeiden mukaan tulevaisuudessa. Opinnäytetyössä päästiin asetettuihin tavoitteisiin ja saatiin lisättyä yrityksen tietoutta suunnitteluohjelmasta.

Tuloksena saatiin tehtyä komentosarja, Excel-tiedosto ja useampia erilaisia pohjakuvia, jotka täyttivät nämä vaatimukset. Komentosarjalla pystytään luomaan useita erilaisia kuvia ja sitä pystytään kehittämään tulevaisuudessa helposti. Työn rakenteesta tehtiin mahdollisimman yhdenmukainen, jotta sen käytön pystyy oppimaan helposti ja sitä on helppo kehittää jatkossa. Opinnäytetyö ei vielä tällaisenaan pysty täysin korvaamaan Vertex Ed- suunnitteluohjelmaa, mutta lisätuotekehityksellä tämä tavoite ei ole kaukana.

Opinnäytetyön tuloksia eli komentosarjaa, Excel-tiedostoa ja pohjakuvia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa erilaisissa suunnitteluprojekteissa. Opinnäytetyön ansiosta suunnittelua pystytään nopeuttamaan ja yhdenmukaistamaan. Suunnittelija pystyy Excel-taulukon määrittelyvaiheessa valitsemaan haluamansa komponentit, eikä niitä enää tarvitse lisätä käsin komponenttilistoihin. Opinnäytetyön avulla pystytään hallitsemaan projekteissa tarvittavia komponentti- ja kaapelilistoja. Tämän avulla pystytään laskemaan projektista syntyviä kustannuksia paremmin.

Opinnäytetyön seuraava jatkokehityskohde voisi olla riviliitinkoteloiden layout-kuvien automatisointi ja kolmannen riviliitinkotelon lisääminen kaavioihin. Lisäksi pitäisi tutkia tarkemmin E3:sen ominaisuuksia siitä, miten esimerkiksi riviliittimet saataisiin nimettyä paremmin. Työllä pystyttäisiin tekemään pienellä lisäkehityksellä suoraan tarvittavat kaapeli- ja johdinmerkit. Työssä on olemassa jo valmis taulukkorakenne, josta voitaisiin käydä hakemassa tarvittavat tiedot ja ne voitaisiin laittaa Excel-taulukoon oikeaan muotoon, jotta kaapelimerkkitulostin osaisi tulostaa ne suoraan. Tämä nopeuttaisi huomattavasti asentajien työtä. Tämän opinnäytetyön pohjalta pystyisi tekemään myös sovelluksen, jolla pystytään generoimaan turvatulo- ja turvalähtöpiirikaaviot automaattisesti.

Lähteet

BC3150 Käyttöohje. 2006. Tuoteseloste Beckhoffin kotisivuilta. Viitattu 17.4.2016

<http://download.beckhoff.com/download/document/io/bus-terminals/bc3150en.pdf>

E3. Datasheet. N.d. Tuoteseloste CSS groupin kotisivuilta. Viitattu 20.5.2016

<http://ccsgroup.com/fi/e3.series/videot-datasheetit/e3.datasheets/e3-overview>

IGC001 Induktiivinen anturi. N.d. Tuoteseloste IFM:n kotisivuilta. Viitattu 16.4.2016.

<http://www.ifm.com/products/fin/ds/IGC001.htm>

Halvorson, M. 2012. Visual Basic 2012 Step by Step. Redmond, WA: Microsoft Press

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2007.

Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

KG5071 Kapasitiivinen anturi. N.d. Tuoteseloste IFM:n kotisivuilta. Viitattu 16.4.2016.

<http://www.ifm.com/products/fin/ds/KG5071.htm>

Kingshey-Hughes, A. , Kingshey-Hughes, K. & Read, D. 2008. VB Script Programmer's Reference. Kanada: Wrox.

KL2904 Käyttöohje. 2006. Tuoteseloste Beckhoffin kotisivuilta. Viitattu 17.4.2016

<http://ftp.beckhoff.com/download/document/automation/twinsafe/kl2904fi.pdf>

Mäkinen, M., Kallio, R., Tantarimäki, R. 2009. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava

Operating principles for capacitive proximity sensors. 2011. Opas Fargo controlsin sivuilta. Viitattu 1.5.2016

http://www.fargocontrols.com/sensors/capacitive_op.html

Operating principles for inductive proximity sensors. 2015. Opas Fargo controlsin sivuilta. Viitattu 1.5.2016

http://www.fargocontrols.com/sensors/inductive_op.html

Osi-malli. 2002. Tampereen teknillisen yliopiston tietotekniikan luento. Viitattu 1.5.2016

<http://www.cs.tut.fi/etaopetus/titepk/luku19/OSI.html>

Profibus. N.d. RTA-automationin esite Profibus-kenttäväylästä. Viitattu 1.5.2016.

<http://www.rtaautomation.com/technologies/profibus/>

Profibus Desing and good practices. N.d. Opas Profibus-väylästä. Viitattu 1.5.2016

http://www.profibus.com/uploads/media/03_PROFIBUS_Design_good_practices.pdf

Profibus overview. N.d. Profibus esittely Profibussin sivuilta. Viitattu 1.5.2016

<http://www.profibus.com/technology/profibus/overview/>

VBA in Excel. 2009. Artikkel VBA:sta Microsoftin kotisivuilta. Viitattu 1.5.2016

[https://msdn.microsoft.com/en-us/library/office/ee814737\(v=office.14\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/office/ee814737(v=office.14).aspx)

VBScript Version Information. 2009. Artikkel Microsoftin kotisivuilta. Viitattu 10.4.2016

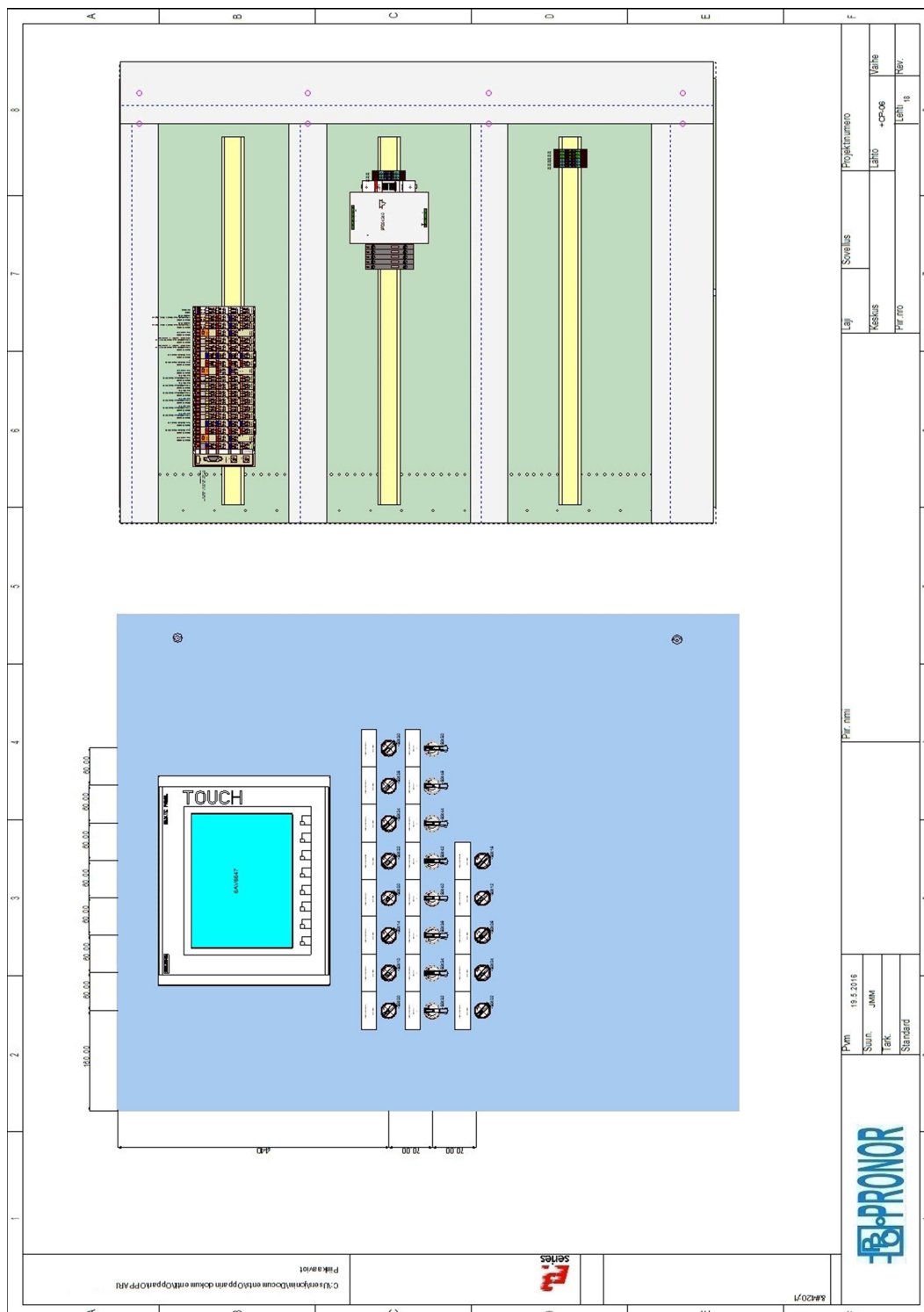
[https://msdn.microsoft.com/en-us/library/4y5y7bh5\(v=vs.84\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/4y5y7bh5(v=vs.84).aspx)

Zukenin nettisivut. 2016. Viitattu 2.4.2016.

<http://www.zuken.com/en/products/electrical-wire-harness-design/e3-series/products>.

Liitteet

Liite 1. Keskuksen layout



Liite 2. Otoks generoidusta kaapeliluettelosta

28	Cable		Type		Length (mm)
29	CP-01-S184		ValmisK 4x0.25		
30	Cable		Type		Length (mm)
31	CP-01-S186		ValmisK 4x0.25		
32	Cable		Type		Length (mm)
33	CP-01-S188		ValmisK 4x0.25		
34	Cable		Type		Length (mm)
35	CP-01-S190		ValmisK 4x0.25		
36	Cable		Type		Length (mm)
37	CP-01-S192		ValmisK 4x0.25		
38	Cable		Type		Length (mm)
39	CP-01-S194		ValmisK 4x0.25		
40					
41					
42					
43					
44	Cable		Type		Length (mm)
45	CP-06-IX245.5		Nomak 8x2x0.5		
46	Cable		Type		Length (mm)
47	IX245.5-S200		ValmisK 4x0.25		
48	Cable		Type		Length (mm)
49	IX245.5-S202		ValmisK 4x0.25		
50	Cable		Type		Length (mm)
51	IX245.5-S204		ValmisK 4x0.25		
52	Cable		Type		Length (mm)
53	IX245.5-S206		ValmisK 4x0.25		
54	Cable		Type		Length (mm)
55	IX245.5-S245.3		ValmisK 4x0.25		
56	Cable		Type		Length (mm)
57	IX245.5-S245.4		ValmisK 4x0.25		
58	Cable		Type		Length (mm)
59	IX245.5-S245.5		ValmisK 4x0.25		

Liite 4. Lähtöpiirikaavio

